Beoordeling sulfaatproblematiek Lemselermaten

NOTITIE
02 DECEMBER 2021

Prof. Dr. [redacted]
Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer
Universiteit Antwerpen
Universiteitsplein 1-C
B-2610 Wilrijk België

Universiteit Antwerpen

ECOSYSTEM MANAGEMENT RESEARCH GROUP

Aanleiding en problematiek

In het kader van de uitwerking van maatregelen voor het Natura 2000 gebied *De Lemselermaten* zijn een tweetal expertenadviezen[1,2] opgesteld om vragen te beantwoorden over de effecten op de aanwezige habitattypen van toestroming van grondwater met een verhoogde sulfaatconcentratie. De Lemselermaten zijn van groot belang door het voorkomen van de ook internationaal ernstig bedreigde habitattypen H6410 *Blauwgraslanden*, H7230 *Kalkmoerassen* en H91E0C *Vochtige alluviale bossen* (beekbegeleidende bossen) en zijn 'one of the three most important sites for the habitat type Alkaline fens (7230; subtype Junco-Molinion)' (https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=NL2003027#4).

Deze habitats hebben hoge tot zeer hoge grondwaterstanden gedurende het hele jaar nodig, met daarnaast zowel nutriëntenarme als ook basen- of kalkrijke condities in de wortelzone. In de Lemselermaten worden deze standplaatscondities op peil gehouden door opkwellend basenrijk grondwater. Uitgevoerde ecologische en hydrologische onderzoeken hebben echter laten zien dat op dit moment zowel de waterstanden als ook de kwaliteit van het grondwater niet meer aan de vereiste voorwaarden voldoen. Zeker in de zomer zakken de grondwaterstanden diep uit (Bor et al. 2019) waardoor zuurstof uit de lucht in de bodem kan indringen en het veen door oxidatie kan afbreken. Daarnaast heeft het toestromende grondwater een verhoogde concentratie aan sulfaat, direct en indirect het gevolg van mestuitspoeling in het landbouwkundig gebruikte deel van het infiltratiegebied (Roelofs 2019; Aggenbach 2021). Door een aantal, deels gekoppelde, processen kan sulfaatrijk grondwater sterk negatieve effecten hebben op de genoemde habitattypen (Zak et al. 2021): a) anaerobe oxidatie van organische stof wat zowel leidt tot afbraak van de veenbodem onder de waterspiegel als tot het ontstaan van toxisch sulfide; b) verdringing van aan ijzer geadsorbeerd fosfor door het bij a) gevormde sulfide waardoor eutrofiëring van de standplaats plaatsvindt; c) oxidatie van bij a) en b) gevormde ijzersulfiden in perioden met lage waterstanden hetgeen leidt tot zuurvorming en op termijn kan leiden tot verzuring van de standplaatsen.

Beide hiervoor genoemde expertenadviezen komen tot een verschillende beoordeling van de mate van bedreiging van het toestromende sulfaathoudende grondwater op de genoemde habitatypes. Derhalve is aan de Universiteit Antwerpen als niet bij dit project betrokken instelling gevraagd beide expertenadviezen door te lichten en te beoordelen. De voorliggende beoordeling is opgesteld op basis van bestudering van de hiervoor genoemde expertadviezen, onderzoeksrapporten over de Lemselermaten, resultaten uit de wetenschappelijke literatuur en eigen inschattingen. Hierbij worden de volgende vragen in beschouwing genomen.

Vragen

1. Is bij de Lemselermaten sprake van een negatief effect op de aangewezen habitats als gevolg van de toestroom van sulfaat uit de 30-jaarszone?
2. Is het juist dat dit effect wordt opgeheven op basis van voldoende doorstroming door de habitats na uitvoering van de hydrologische maatregelen?

---

[1] Boukes, H., 19 september 2021. Bevindingen sulfaatproblematiek Lemselermaten Notitie Adviesbureau Harry Boukes, 5 pag.

[2] Aggenbach, C.J.S., 8 september 2021. Expertadvies sulfaatproblematiek Natura 2000 gebied Lemselermaten. Rapport KWR 2021.067. 24 pag.

3. Is het, indien het effect is aangetoond en de doorstroming dit niet opheft, verantwoord om als experimentele maatregel in de 30-jaarszone een evenwichtsbemesting in te stellen òf is het noodzakelijk deze volledig bemestingsvrij te maken?

Samenvattend oordeel:

1. *Sulfaatrijk grondwater vormt een groot risico voor de te beschermen habitattypen.*
2. *Vergroten van de doorstroming lost de sulfaatproblematiek gedeeltelijk op maar resulteert daarnaast juist in het vergroten van andere knelpunten, namelijk verdroging en verzuring.*
3. *De toepassing van een vorm van evenwichtsbemesting sluit de risico's op uitspoeling niet uit. Een ander landgebruik, waarbij niet wordt bemest, doet dit wel.*

Motivering van de beoordeling

1. *Is bij Lemselermaten sprake van een negatief effect op de aangewezen habitats als gevolg van de toestroom van sulfaat uit de 30-jaarszone?*

Deze vraag wordt opgesplitst in een aantal deelvragen:

a. *In hoeverre is het waarschijnlijk dat er sprake is van significante veenafbraak bij toestroming van met sulfaat verrijkt grondwater?*

De reden voor deze deelvraag is een discussie tussen Boukes en Aggenbach waarbij Boukes uitgaat van een beduidend hogere bulkdichtheid en veel lagere kwelfluxen dan Aggenbach. De konsekwentie van de aannames van Boukes is dat de berekende toestroom van reactief sulfaat tamelijk laag wordt ingeschat en de hoeveelheid afgebroken veen slechts een kleine fractie van de totale hoeveelheid veen vormt. Bovendien merkt hij op dat er in het Elzenbroekbos ook veen gevormd zal worden en stelt dat dit de afbraak meer dan compenseert.

Ik ga niet in de argumentatie van Boukes mee. Zowel eigen, ongepubliceerde metingen in de Drentse Aa als ook modelberekeningen in de Lemselermaten omen op hogere fluxen uit dan de door Boukes gehanteerde 1 mm/dag. In het geval van de Drentse Aa worden -afhankelijk van de meetperiode- lokaal waarden gemeten tot meer dan 20 mm/dag, met een gemiddelde van ca 6 mm/dag voor het hele onderzochte gebied (ca. 6 ha). De berekende kwelfluxen in de Lemselermaten laten in de kwelgebieden waarden zien tussen 1 en 10 mm/dag, waarbij de meeste waarden in de categorie 2-5 mm/dag vallen. De door Aggenbach gehanteerde waarden van 2-5 mm/dag lijken daarmee behoorlijk realistisch.
Waarden voor bulk densiteit van 1 zijn veel te hoog voor veengronden. In een recente studie in 69 sites in het laagland van Europa hebben we een gemiddelde bulk densiteit van 0.18 kg/l gemeten, in de genoemde studie van de Drentse Aa lag dat iets hoger met een gemiddelde waarde van 0.27, terwijl voor de Zwarte Beek in België gemiddeld 0.22 wordt gemeten. Voor Elzenbroekbossen liggen de waarden wat hoger, typisch tussen de 0.5 en 0.7. De door Aggenbach gebruikte waarden zijn daarmee veel realistischer dan de waarden die Boukes noemt.
Tot slot de aangenomen veengroei onder Elzenbroekbossen. Duitse studies (bv. (Barthelmes et al. 2012) laten gemiddelde waarden zien van rond de 0.05 mm per jaar onder optimaal natte omstandigheden, bij verdroging zoals in de Lemselermaten is er sprake van netto afname van

organische stof (Wichtmann & Wichtmann, 2009), overigens voor het grootste deel vanwege veenafbraak door in de bodem indringende zuurstof. Deze metingen zijn in overeenstemming met de waarneming dat in de Lemselermaten veel elzen 'op stelten' staan, dat wil zeggen, het veen is tussen hun wortels verdwenen.

Al met al is er voldoende reden om aan te nemen dat ook in de Lemselermaten een serieus risico bestaat op significante veenafbraak bij toestroming van met sulfaat verrijkt grondwater. Deze afbraak wordt niet gecompenseerd door veenvorming in het Elzenbroekbos.

b. *In hoeverre is er risico op verdringing van aan ijzer geadsorbeerd fosfor door het bij a) gevormde sulfide waardoor eutrofiëring van de standplaats plaatsvindt?*

Bij de reductie van sulfaat door organische stof wordt sulfide gevormd, een stof die zelfs in vrij lage concentraties toxisch is voor levende organismen (Lamers et al. 2013). In veel gevallen wordt het gevormde sulfaat meteen afgevangen door binding aan ijzer en geïmmobiliseerd in de zo gevormde ijzersulfiden. Pas wanneer die hoeveelheid ijzer uitgeput is blijft sulfide in oplossing en kan dan ook de wortelzone bereiken. Omdat de bovenste bodemlaag in de Lemselermaten een laag ijzergehalte heeft (Lucassen & Roelofs 2016) zal binnen afzienbare tijd minstens een deel van het gevormde sulfide de wortelzone bereikt. In hoeverre dit een bedreiging is van de daar aanwezige vegetatie is niet bekend. Veel moerasplanten hebben aanpassingen aan het groeien in een zuurstofloos nat milieu ontwikkeld (Jackson & Armstrong 1999), en zijn tot op zekere hoogte tolerant tegen (licht) verhoogde sulfide concentraties. Het is niet bekend of dat ook voor de doelvegetatie geldt. Veel zgn. Rode Lijstsoorten zijn juist extra gevoelig voor verstoring. Bij vorming van ijzersulfiden wordt aan het ijzer geadsorbeerd fosfor verdrongen en komt vrij in oplossing. Metingen in de Lemselermaten (Lucassen & Roelofs 2016) laten zien dat de hoeveelheid fosfor betrekkelijk laag is in relatie tot de totale hoeveelheid ijzer. Vooraleerst lijkt er daarom niet een groot gevaar te bestaan op interne eutrofiëring als gevolg van verdringing van geadsorbeerd fosfor door ijzer.

In de nabije toekomst valt een toename van toxisch sulfide in de wortelzone te verwachten. In hoeverre dat een bedreiging is voor de aanwezige doelvegetatietypen is niet bekend. De kans op interne eutrofiëring als gevolg van verhoogde fosfaatbeschikbaarheid wordt als laag ingeschat.

c. *In hoeverre is er sprake van risico op oxidatie van gevormde ijzersulfiden in perioden met lage waterstanden waardoor zuurvorming en op termijn verzuring van de standplaatsen optreedt?*

De ijzersulfiden die onstaan bij sulfaatreductie in een ijzerrijke omgeving bestaan vrijwel uitsluitend uit tamelijk instabiele ijzermonosulfides (FeS) terwijl neerslag van het veel stabielere pyriet (FeS_2) niet of nauwelijks optreedt (Zak et al. 2021). Bij (ook tijdelijke) verlaging van de waterstand worden deze verbindingen snel geoxideerd en onstaan ijzeroxides ('roest') en zuur (zwavelzuur H_2SO_4). In eerste instantie wordt dit zuur gebufferd door bodemprocessen zoals basenuitwisseling (Appelo & Postma 2005.) maar wanneer de uitgewisselde basen niet worden aangevuld, bv. door aanvoer met grondwater, is dit een eindig proces dat binnen enkele decennia onherroepelijk eindigt in een zure bodem waar de doelvegetaties niet overleven. De metingen van Aggenbach (2021b) laten zien dat de basenverzadiging in de bodem van zowel het Blauwgrasland (H6410) als het Kalkmoeras (H7230) in 2020 bijzonder laag is geworden. Hij wijt dit aan het effect van enkele recente zeer droge jaren in combinatie met te lage grondwaterstanden. Kennelijk is de aanvoer van basen met het grondwater niet

voldoende om het effect van deze droge jaren te bufferen. Dit is zorgwekkend want het betekent dat de kalk- en basenminnende vegetatie, die internationaal de grootste waarde van het gebied bepalen, uiterst kwetsbaar voor droge periodes zijn. Gegeven het feit dat er kennelijk al een grote verzuringscapaciteit in de bodem is opgebouwd is vernatting van zowel kwel- als infiltratiegebieden essentieel. Constant hoge grondwaterstanden tot dicht bij of zelfs op maaiveld zorgen er in de kwelgebieden voor dat er geen zuurstof in de bodem kan indringen en oxidatie van verzurende stoffen niet plaatsvindt. Vernatting van de infiltratiegebieden zorgt er voor dat de kwelflux hoger wordt en er meer basen worden aangevoerd om het verlies tijdens de droge zomers beter te compenseren.

Het risico op verdere bodemverzuring als gevolg van oxidatie van zwavel-ijzer verbindingen in droge jaren is zeer reëel en vormt een grote bedreiging voor de bescherming van de doelvegetaties van de Lemselermaten. Sterke vernatting van zowel kwel- als infiltratiegebieden kan dit risico aanzienlijk inperken.

Antwoord op vraag 1: *Is bij de Lemselermaten sprake van een negatief effect op de aangewezen habitats als gevolg van de toestroom van met sulfaat verrijkt grondwater uit de 30-jaarszone?*

Het risico op anaerobe afbraak van de aanwezige veenlaag als gevolg van sulfaatreductie is zeer groot, evenals het risico op verzuring van de bovenlaag door oxidatie van zwavelhoudende ijzerverbindingen in droge jaren. Onder dergelijke omstandigheden neemt de overlevingskans van de doelvegetaties H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoerassen en H91E0C Vochtige alluviale bossen in hoog tempo af en zal op afzienbare termijn zijn verdwenen.

2. *Is het juist dat dit effect wordt opgeheven op basis van voldoende doorstroming door de habitats na uitvoering van de hydrologische maatregelen?*

De aanleiding tot deze vraag is de argumentatie van Roelofs (2019) dat met het vergroten van de doorstroming de aanvoer van toxisch sulfide en eventueel fosfaat naar de wortelzone wordt gestopt en de kans op eutrofiëring vanuit het grondwater sterk wordt verminderd. Uit de tekst blijkt niet helemaal duidelijk wat er exact met 'doorstroming' bedoeld wordt. Vermoedelijk betreft dit uittredend kwelwater dat wordt afgevoerd om stagnatie op het maaiveld te voorkomen. Er zou echter ook sprake kunnen zijn van versterkte doorstroming van freatisch grondwater. Hoe het ook zij, in beide gevallen kan dit alleen worden gerealiseerd door de drainage te vergroten. In de praktijk impliceert een dergelijke maatregel dat de oppervlaktewaterpeilen betrekkelijk laag moeten worden gehouden. Dit zal leiden tot lagere sulfide gehaltes in het oppervlaktewater omdat sulfide wordt geoxideerd tot sulfaat maar of dat ook zal leiden tot lagere gehaltes in het porievocht is vooralsnog een open vraag.

Daarnaast leidt een dergelijke maatregel wel tot nieuwe problemen en ook worden sommige bestaande problemen versterkt:

- Allereerst betreft dit de waterstanden in het gebied. Vooral de doelvegetatie 'H7230 Kalkmoerassen' vereist constant hoge waterstanden die gedurende het hele jaar rond maaiveld liggen en hooguit kort 20-30 cm mogen uitzakken (Runhaar et al. 2009);
- Daarnaast is er de reeds genoemde erfenis uit het verleden in de vorm van verhoogde ijzersulfide concentraties in de bodem van de kwelgebieden. Verlaging van de

waterstand zal hier in droge perioden onherroepelijk leiden tot oxidatie van deze sulfides en daarmee tot verdere verzuring;
- Ook wanneer er weinig sprake is van oxidatie van ijzersulfiden zal doorstroming niet of nauwelijks leiden tot een verhoging van de buffercapaciteit van de bodem omdat met het grondwater aangevoerde basen die bodem simpelweg niet bereiken maar worden afgevangen door het drainagestelsel
- Tot slot wordt het probleem van anaerobe veenafbraak hiermee niet opgelost maar eerder versterkt door het vergroten van de kwelflux van met sulfaat verrijkt grondwater.

Al met al is dit een maatregel waarmee heel voorzichtig moet worden omgegaan en de hydrologie uiterst nauwkeurig moet worden afgesteld. In de praktijk zal het onmogelijk zijn het hele gebied zo in te richten dat op alle plekken aan de benodigde voorwaarden kan worden voldaan. Het meeste soelaas biedt een dergelijke maatregel nog bij het type H91E0C *Vochtige alluviale bossen*. Enerzijds is hier vaak sprake van stagnante plassen met een hoog sulfide gehalte, anderszijds is dit vegetatietype wat minder kritisch ten aanzien van waterstanden en kan wat grotere fluctuaties tolereren. Vanwege de genoemde nadelen wordt afgeraden deze maatregel toe te passen bij de typen H6410 *Blauwgraslanden* en H7230 *Kalkmoerassen.* Wanneer dit toch wordt overwogen dient bij voorkeur gebruik te worden gemaakt van beweegbare afsluitingen zodat snel ingegrepen kan worden bij ongewenste ontwikkelingen.

Antwoord op vraag 2: *Is het juist dat dit effect wordt opgeheven op basis van voldoende doorstroming door de habitats na uitvoering van de hydrologische maatregelen?*

Doorstroming kan zorgen voor een verlaging van het sulfide gehalte van stagnant oppervlaktewater en op die manier leiden tot een verbetering van de condities, met name voor de doelvegetatie H91E0C 'Vochtige alluviale bossen'. Tegelijkertijd echter leidt inrichting ten behoeve van doorstroming tot vergroting van andere problemen op het gebied van waterstand en verzuring. Vanwege de conflicterende effecten met de knelpunten verdroging en verzuring wordt geadviseerd om deze maategel niet toe te passen.

3. *Is het, indien het effect is aangetoond en de doorstroming dit niet opheft, verantwoord om als experimentele maatregel in de 30-jaarszone een evenwichtsbemesting in te stellen òf is het noodzakelijk deze volledig bemestingsvrij te maken?*

De achterliggende gedachte hierbij is waarschijnlijk of het mogelijk is om het huidige agrarisch landgebruik relatief ongestoord voort te kunnen zetten. Een dergelijke oplossing zou zowel financiële (er hoeft geen extra grond te worden aangekocht) als sociale voordelen hebben (een dergelijke maatregel is beter acceptabel voor de landelijke bevolking). Theoretisch is het inderdaad mogelijk om het grondwater weer schoon te krijgen door middel van het instellen van een evenwichtsbemesting waarbij vanuit de landbouwpercelen geen uitspoeling van mineralen naar het bovenste grondwater plaatsvindt. In de praktijk zal dit echter vrijwel onmogelijk zijn. Het betekent dat er geen nitraat mag uitspoelen, de dosering dus zeer nauwkeurig moet zijn en aangepast aan de dagelijkse weersomstandigheden (neerslag, temperatuur) en vereist bovendien het gebruik van slow-release meststoffen, die ervoor zorgen dat de voedingsstoffen langzaam en gedoseerd vrijkomen. Drijfmest is volledig uit den

boze. Ook de toediening van sulfaat moet nauwkeurig worden gedoseerd. Anders dan vaak wordt gedacht bevat mest behoorlijke hoeveelheden sulfaat (Zak et al. 2021, zie voor een berekening ook Aggenbach 2021a) en ook daarvan moet de inspoeling nihil zijn. Al met al lijkt evenwichtsbemesting dermate gecompliceerd dat het in de praktijk onhaalbaar is.

Al met al lijkt een andere bestemming van de gronden, zoals natuurgras of landschappelijk in te passen natuurbos, aanmerkelijk minder risicovol te zijn ten aanzien van de kans op uitspoelen van voedingsstoffen en sulfaat naar het grondwater.

Antwoord op vraag 3: *Is het verantwoord om als experimentele maatregel in de 30-jaarszone een evenwichtsbemesting in te stellen òf is het noodzakelijk deze volledig bemestingsvrij te maken?*

Een evenwichtsbemesting kan theoretisch leiden tot een sterke verlaging van het grondwater met nitraat en sulfaat. Er kleven echter dermate grote praktische problemen aan een dergelijke maatregel dat geadviseerd wordt het infiltratiegebied een andere bestemming te geven die niet leidt tot een belasting van het grondwater met nutriënten en sulfaat.

Geciteerde literatuur

Aggenbach, C.J.S., 2021a. Expertadvies sulfaatproblematiek Natura 2000 gebied Lemselermaten. Rapport KWR 2021.067, KWR, Nieuwegein.

Aggenbach, C.J.S., 2021b. Duurzaamheid van basenminnende schraallanden in kwelzones. Monitoring 1989-2020 Stroothuizen, Punthuizen en Lemselermaten. Rapport monitoring OBN-28-BE, Vereniging van Bos- en Natuureigenaren, Driebergen.

Appelo, C.A.J. and Postma, D. (2005) Chemical Analysis of Groundwater, Geochemistry, Groundwater & Pollution. Balkema, Rotterdam.

Barthelmes, A., de Klerk, P., Prager, A., Theuerkauf, M., Unterseher, M., & Joosten, H. 2012. Expanding NPP analysis to eutrophic and forested sites: Significance of NPPs in a Holocene wood peat section (NE Germany). *Review of Palaeobotany and Palynology* 186: 22–37.

Bor, M., van Gurp, H., Willems, G. en Capel, W., 2019. Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Lemselermaten. Rapport R001-1244201BMP-mdg-V03-NL, Tauw, Utrecht.

Jackson, M.B., & Armstrong, W. 1999. Formation of Aerenchyma and the Processes of Plant Ventilation in Relation to Soil Flooding and Submergence. *Plant Biology* 1: 274–287.

Lamers, L., Govers, L., Janssen, I., Geurts, J., Van der Welle, M., Van Katwijk, M., Van der Heide, T., Roelofs, J., & Smolders, A. 2013. Sulfide as a soil phytotoxin—a review. *Frontiers in Plant Science* 4: 268.

Lucassen, E. & Roelofs, J., 2016. Uitwerking onderzoeksvragen in het kader van Natura 2000 gerelateerd aan bodemonderzoek, grondwaterkwaliteit en inschatting interne eutrofiëring. Rapport 2016.044, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Roelofs, J., 2019. De rol van sulfaat bij vermesting van alluviale bossen, blauwgraslanden, stagnante oppervlaktewateren en zeer zwakgebufferde vennen. Rapport RP-18.160A.19.31, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.

Wichmann, S. & Wichtmann, W. (Hrsg.) (2009): Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energie-biomasse aus Niedermooren (ENIM). Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung der Naturräume der Erde (DUENE), Greifswald. 190 S. pdf

Zak, D., Hupfer, M., Cabezas, A., Jurasinski, G., Audet, J., Kleeberg, A., McInnes, R., Kristiansen, S.M., Petersen, R.J., Liu, H., & Goldhammer, T. 2021. Sulphate in freshwater ecosystems: A review of sources, biogeochemical cycles, ecotoxicological effects and bioremediation. *Earth-Science Reviews* 212: 103446.

Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

J Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen